

## TRABAJOS ORIGINALES

**Composición y estructura de la comunidad de coleópteros acuáticos (Insecta: Coleoptera) a lo largo de un gradiente altitudinal, Cusco, Perú****Composition and structure of water beetles community (Insecta: Coleoptera) along an altitudinal gradient, Cusco, Peru****Agata Cristin Huanachin Quispe\* y Ana A. Huamantínco Araujo**

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Invertebrados Acuáticos. Ciudad Universitaria Av. Venezuela s/n, cuadra 34. Lima 1-Perú.

\*Autora de correspondencia

Email Agata Huanachin: [agatahq@gmail.com](mailto:agatahq@gmail.com)

Email Ana Huamantínco: [ahuamantincoa1@unmsm.edu.pe](mailto:ahuamantincoa1@unmsm.edu.pe)

**Resumen**

El objetivo de este estudio fue conocer la composición y estructura de la comunidad de coleópteros acuáticos en diferentes quebradas a lo largo de un amplio gradiente altitudinal (476-4411 m de altitud) en Cusco, Perú. Para ello, se establecieron 12 estaciones de muestreo y se realizaron dos colectas durante los meses de mayo y julio-agosto del 2013 (época seca), en la zona de rápidos y sustrato pedregoso. Fueron colectados 3069 individuos entre larvas y adultos de coleópteros acuáticos, pertenecientes a 23 géneros, agrupados en 10 familias. Elmidae presentó la mayor riqueza (13 géneros) y abundancia (90.4 %), distribuyéndose a lo largo de todo el gradiente. Los géneros más representativos por abundancia fueron: *Austrelmis*, *Neoelmis*, *Heterelmis* y *Anchytarsus*. Las pruebas estadísticas no paramétricas Wilcoxon-Mann-Whitney y Kruskal-Wallis para la riqueza, abundancia y estructura comunitaria, así como, el análisis de agrupamiento (CLUSTER) y el análisis de similitud (ANOSIM) mostraron diferencias significativas en la composición de la comunidad de coleópteros acuáticos a lo largo del gradiente estudiado. El análisis de similitud porcentual (SIMPER) permitió identificar los géneros que más influyeron en la estructura comunitaria, destacando *Neoelmis* y *Heterelmis* en estaciones ubicadas a baja y media altitud, y *Austrelmis* en estaciones de mayor altitud. Se evidenció una correlación positiva de la temperatura con la riqueza, diversidad y equidad, y una correlación negativa de la altitud con estas mismas variables.

**Palabras claves:** Coleópteros acuáticos; diversidad; macroinvertebrados; vertiente oriental de los andes; bosque pluvial; páramo; gradiente ambiental.

**Abstract**

The aim of this paper was to know the composition and structure of water beetles community in different streams along a wide altitudinal gradient (476-4411 m altitude) in Cusco, Peru. For that, 12 sampling stations were established and two collects were carried out during May and July-August 2013 (dry season), in the running water and stony substrate. A total of 3069 individuals were collected between larvae and adults of aquatic beetles, belonging to 23 genera, grouped into 10 families. Elmidae presented the highest richness (13 genera) and abundance (90.4%), being distributed along the whole gradient. The most representative genera by abundance were: *Austrelmis*, *Neoelmis*, *Heterelmis* and *Anchytarsus*. The Wilcoxon-Mann-Whitney and Kruskal-Wallis non-parametric statistical tests for richness, abundance and community structure, clustering analysis (CLUSTER) and similarity analysis (ANOSIM) showed significant differences in the composition of the beetles community along the gradient studied. The percentage similarity analysis (SIMPER) allowed to identify the genera that most influenced the community structure, stand out *Neoelmis* and *Heterelmis* in stations located at low and medium altitude, and *Austrelmis* in stations of higher altitude. A positive correlation of temperature with the richness, diversity and equity, and a negative correlation with these variables altitude was evident.

**Keywords:** Aquatic beetles; diversity; macroinvertebrates; eastern slopes of the Andes; rainforest; paramo; environmental gradient.

**Fuentes de financiamiento:** Centro Amazónico de Educación Ambiental e Investigación (ACEER).

**Citación:** Huanachin Quispe A.C. & A.A. Huamantínco Araujo. 2018. Composición y estructura de la comunidad de coleópteros acuáticos (Insecta: Coleoptera) a lo largo de un gradiente altitudinal, Cusco, Perú. Revista peruana de biología 25(2): 131 - 140 (Febrero 2018). doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v25i1.13818>

**Presentado:** 12/09/2017  
**Aceptado:** 04/02/2018  
**Publicado online:** 30/05/2018

**Información sobre los autores:** ACHQ, AAHA: realizaron el diseño experimental, colectas, analizaron los datos; ACHQ: redactó el manuscrito; ACHQ, AAHA: revisaron y aprobaron el manuscrito.

Los autores no incurren en conflictos de intereses.

**Permisos de colecta:** Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) del Ministerio de Agricultura y Riego - permiso de recolección No. 0235-2012-AG-DGFFS-DGEFFS.

**Journal home page:** <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/index>

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Peruana de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citadas. Para uso comercial, por favor póngase en contacto con [editor.revperubiol@gmail.com](mailto:editor.revperubiol@gmail.com).

## Introducción

Los sistemas fluviales son indicadores básicos y elementales del estado de conservación del medio natural, proporcionan información sobre la situación y calidad del ecosistema (Oscos et al. 2009). Entre las comunidades que habitan estos sistemas se encuentran los macroinvertebrados acuáticos, que comprenden una gran parte de la diversidad biológica, siendo con frecuencia el principal componente animal de los sistemas lóticos (Esteves 1988). El conocimiento de la actividad biológica de estos organismos permite entender la dinámica del sistema que habitan y los estudios basados en su taxonomía y distribución, proveen información importante para comprender la ecología y el papel que desempeñan en el medio (Roldán 2001).

El orden Coleoptera es el grupo más diverso de la clase Insecta, incluye más de 387 000 especies en aproximadamente 170 familias que se distribuyen en cuatro subórdenes (Lawrence y Newton 1995, Beutel y Leschen 2005, Zhang 2011). En la región Neotropical se conocen unas 30 familias con representantes acuáticos o riparios. Si bien la mayor parte de los coleópteros son terrestres, existen más de 12.600 especies que presentan al menos alguno de sus estadios de desarrollo en el agua (Jäch y Balke 2008). Pese a que generalmente no alcanzan grandes densidades, los coleópteros acuáticos son importantes en las cadenas y redes tróficas. La importancia de algunas especies radica también en su potencial uso como bioindicadores para evaluar ambientes acuáticos, destacando la familia Elmidae (Bournaud et al. 1992, García-Criado y Fernández 1995, Miserendino y Archangelsky 2006, Von Ellenrieder 2007).

Se han realizado diversos estudios sobre Coleoptera en la Región Neotropical, sin embargo Archangelsky et al. (2009) mencionan que el conocimiento de la fauna de coleópteros acuáticos es aun bastante despasejo. Ciertos grupos están, aparentemente, bien estudiados, otros se conocen a nivel regional, y muchos otros necesitan ser revisados. Aún hay muchas áreas

dentro de esta región que no han sido debidamente estudiadas, describiéndose regularmente nuevos taxa, incluso familias (García 2001, Short 2004, Spangler & Steiner 2005).

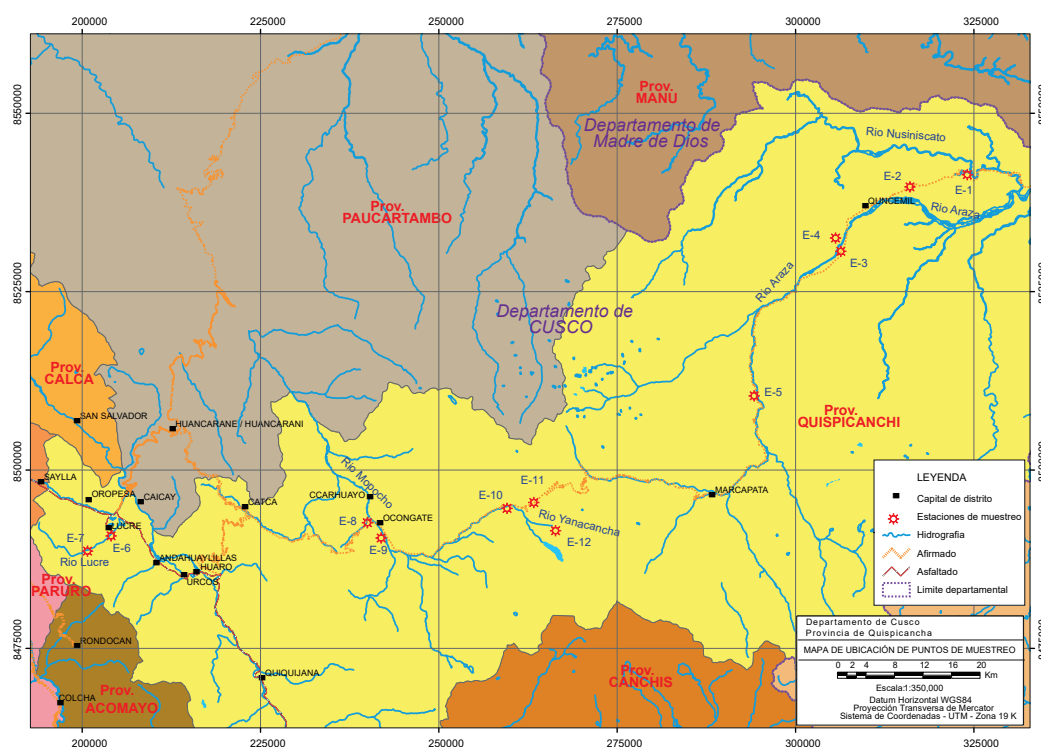
Por otra parte, la distribución de organismos a lo largo de gradientes altitudinales ha sido estudiada en diversos grupos de plantas y animales. Aunque el patrón general es una disminución en la riqueza de taxones a mayores altitudes, esta disminución no necesariamente es uniforme o similar para todos los grupos de organismos (Rahbek 1995). Jacobsen (2008) menciona que la temperatura y la presión parcial del oxígeno son los factores más influyentes en la estructura de la comunidad, mientras que Allan (1995), destaca la importancia de la temperatura y menciona que muchas especies restringen su distribución a ciertos grados de altitud y por lo tanto a ciertos grados de temperatura.

Según Jacobsen (2004) los ríos muestran interesantes patrones altitudinales de la riqueza de macroinvertebrados. Diversos estudios se han referido a la altitud como un factor que influye en las comunidades bentónicas. Por ejemplo Jacobsen et al. (1997) señalan que con el incremento de la altitud, existe un descenso de la diversidad de géneros y familias de Coleoptera, Odonata, Heteroptera y Trichoptera.

El presente estudio se desarrolló con el objetivo de conocer la composición y estructura de la comunidad de coleópteros acuáticos a lo largo de un gradiente altitudinal en Cusco. Este constituye uno de los primeros estudios a nivel ecológico de Coleoptera en los Andes del sur del Perú, lo que contribuye además al conocimiento de la diversidad local y distribución de muchos géneros y especies de escarabajos acuáticos.

## Material y métodos

**Área de estudio.** El estudio se realizó en las cuencas de los ríos Mapacho y Araza o Marcapata de la Provincia de Quispicanchi, Departamento de Cusco (Fig. 1). Si bien las quebradas estudiadas fueron de mediano porte, los ríos a los que drenan



**Figura 1.** Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo en la Provincia de Quispicanchi, Cusco-Perú, 2013.

tienen importancia regional. Así, el río Mapacho posteriormente desembocara en el Urubamba que formara el río Ucayali, por otro lado, el río Araza es un importante tributario del río Inambari. Las quebradas de estudio atraviesan varias zonas de vida, todas dentro de la Región Latitudinal Subtropical. Las quebradas por debajo de los 1500 m de altitud, pertenecen a las zonas de vida bosque muy húmedo y bosque pluvial, ocupan posición inferior en la vertiente oriental de los andes en zonas de laderas con fuertes pendientes. Los ríos entre los 3000 – 4500 m de altitud pertenecen a las zonas de vida bosque seco, bosque húmedo y páramo pluvial, están en la parte media y superior de los valles interandinos. La conformación topográfica en la zona es variada desde plana a inclinada (ONERN 1976).

**Muestreo.**– El presente estudio se realizó en 12 quebradas ubicadas en un rango altitudinal de 476 a 4411 m de altitud (Tabla 1). Las estaciones de muestreo fueron accesibles a través de la Carretera Interoceánica, en el marco del Proyecto “Impacto de la Carretera Interoceánica sobre la calidad de agua en la región de las nacientes Andino-Amazónicas del Este, Cusco-Madre de Dios, Perú” realizado por el Centro Amazónico de Educación Ambiental e Investigación ACEER.

Las estaciones evaluadas presentaron una vegetación riparia caracterizada por árboles y arbustos propios del lugar en estaciones de menor altitud y a medida que se ascendía en el gradiente la vegetación ribereña dio lugar a poblaciones de gramíneas, siendo estas, las únicas presentes en estaciones ubicadas por encima de los 4000 m.

El periodo de muestreo comprendió la época seca, donde la precipitación es muy escasa, constituyendo un periodo de estabilidad ambiental. La colecta se dividió en dos campañas durante el año 2013: una en el mes de mayo y la otra en julio/ agosto. Para el muestreo se utilizó una red Surber de 30x30 cm<sup>2</sup> (0.09 m<sup>2</sup> de área de superficie de muestreo) con una luz de malla de 250 µm (siguiendo el protocolo Monitoring wilderness stream ecosystems explicado en Davis et al. 2001). Por cada estación se realizaron 5 réplicas, obteniéndose un total de 120 muestras. La colecta se realizó en la zona de rápidos, en sustrato de piedras medianas de tamaño heterogéneo, en zonas poco profundas. Las muestras fueron almacenadas en bolsas plásticas, etiquetadas y fijadas con etanol al 96%. En laboratorio, el material fue lavado usando un tamiz de 500 µm para liberar la muestra de detritos y sedimento fino. Finalmente el material fue conservado en alcohol etílico al 96%.

La determinación taxonómica se realizó hasta el nivel taxonómico más bajo posible, empleando un microscopio estereoscópico con un aumento de hasta 40x y un microscopio compuesto con aumentos de 400x y 600x. Para la identificación se emplearon claves taxonómicas especializadas de Domínguez y Fernández (2009), Merritt et al. (2008), Manzo (2005), Herman (1970), Stribling (1986) y Fernandes (2010).

En cada estación de muestreo, se registraron los siguientes parámetros fisicoquímicos: pH, temperatura del agua (°C), sólidos totales disueltos TDS (mg/L), conductividad eléctrica (µS/cm) y oxígeno disuelto (mg/L). Estos parámetros solo se registraron durante la segunda colecta, por motivos de logística.

**Análisis de datos.**– Se determinó la abundancia relativa (A.R.%) por cada taxón y estación de muestreo. Se analizó la estructura comunitaria a través de los siguientes índices: índice de Shannon-Wiener (H') y la equidad de Pielou (J'), considerando las cinco réplicas tomadas en cada estación de muestreo. Se aplicó la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney, para dos muestras independientes, para determinar si existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las dos campañas de muestreo. Del mismo modo se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, para “k” muestras independientes, para determinar si existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las estaciones evaluadas. Estos análisis se realizaron empleando el software SPSS versión 20 (IBM SPSS Statistics 2010).

Se realizó un análisis de agrupamiento (Cluster), para determinar el grado de similitud entre las estaciones de muestreo en el espacio utilizando el índice de similitud de Bray y Curtis, para lo cual los datos de abundancia fueron transformados a  $\log(x+1)$ . Para determinar la existencia de diferencias significativas en la comunidad de coleópteros a escala espacial (entre estaciones de muestreo) se realizó el análisis de similitud (ANOSIM), donde el estadístico Global R, está relacionado con numerosas simulaciones, originando un nivel de significancia de  $p < 0.05$ . R limita en un rango de -1 a 1, donde los valores positivos indican diferencias entre los grupos formados (Clarke y Warwick 2001). Estos análisis fueron complementados con el análisis de Similitud Porcentual (SIMPER), el cual permitió identificar los taxa que más influyen en la composición comunitaria. Estos análisis se realizaron mediante la utilización del software Primer 6 (Clarke y Gorley 2005). Finalmente para conocer la relación entre las variables fisicoquímicas y las variables bióticas (riqueza, abundancia, diversidad y equidad) se empleó la correlación no

**Tabla 1.** Ubicación de las estaciones de muestreo a lo largo del gradiente altitudinal. Cusco-Perú, 2013.

Estaciones	Quebrada	Coordenadas	Altitud (m)
E-1	Limonchayoc	70°37.176°W, 70°37.176°W	476
E-2	Limonchayoc arriba	70°41.629°W, 70°41.629°W	593
E-3	Yanamayo Grande	70°47.030°W, 70°47.030°W	731
E-4	Chilimayo	70°47.432°W, 70°47.432°W	803
E-5	Chaupichaca	70°53.846°W, 70°53.846°W	1453
E-6	Lucre	71°43.963°W, 71°43.963°W	3108
E-7	Lucre arriba	71°45.744°W, 71°45.744°W	3259
E-8	Chacachimpa	71°23.977°W, 71°23.977°W	3522
E-9	Mapocho	71°22.914°W, 71°22.914°W	3575
E-10	Jollepunco	71°13.115°W, 71°13.115°W	4106
E-11	Ajopampa	71°11.036°W, 71°11.036°W	4291
E-12	Mapocho arriba	71°09.358°W, 71°09.358°W	4411

paramétrica de Spearman, mediante el software estadístico SPSS versión 20 (IBM SPSS Statistics 2010).

## Resultados

**Caracterización ambiental.**- Se observaron cambios importantes en los diferentes parámetros fisicoquímicos registrados en el gradiente altitudinal estudiado. Donde los factores que variaron más ampliamente fueron la temperatura del agua (6.5 – 25.1 °C), conductividad eléctrica (37.4 – 664 µS/cm) y los sólidos totales disueltos (25.8 – 463 mg/L) (Tabla 2).

**Composición de la comunidad de coleópteros acuáticos.**- Se colectó un total de 3069 individuos entre larvas y adultos, agrupados en 10 familias y 23 géneros en el área de estudio. La familia que presentó la mayor riqueza fue Elmidae con 13 géneros, seguido de Scirtidae con 2 géneros Finalmente Dytiscidae, Dryopidae, Hydraenidae, Hydrochidae, Lutrochidae, Psephenidae Ptilodactylidae y Staphylinidae estuvieron presentes con solo un género.

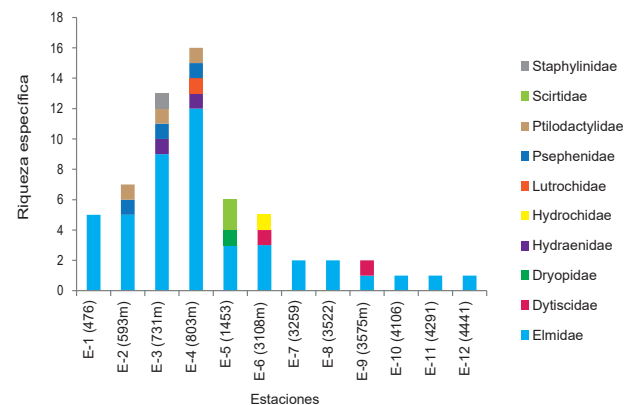
De las 10 familias registradas, Elmidae presentó la mayor abundancia con 2775 individuos (90.4 %), seguido de Ptilodactylidae con 202 individuos, mientras que Hydrochidae, Lutrochidae y Scirtidae presentaron la menor abundancia con 2 individuos cada una. Los géneros más representativos por abundancia fueron: *Austrelmis* (62.95%), *Neelmis* (12.06%), *Heterelmis* (8.11%) y *Anchytarsus* (6.58%) (Tabla 3).

**Distribución espacial.**- Elmidae, además de ser la familia más representativa en riqueza y abundancia, estuvo presente en todas las estaciones evaluadas a lo largo del gradiente altitudinal. Las otras familias estuvieron presentes principalmente en las estaciones ubicadas a menor altitud (593 – 1453 m), sin embargo Dytiscidae e Hydrochidae fueron encontrados por encima de los 3000 m (Fig. 2).

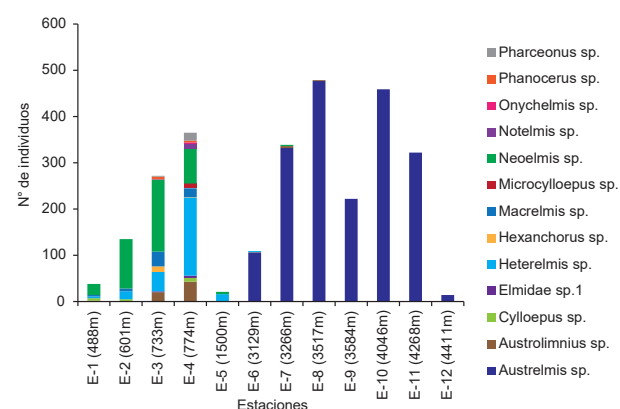
Las estaciones que presentaron una mayor riqueza de géneros fueron las estaciones E-4 (Chilimayo) y E-3 (Yanamayo Grande) ubicadas a 803 msnm y 731 msnm respectivamente, mientras que las estaciones ubicadas a mayor altitud (por encima de los 4000 msnm) presentaron la menor riqueza registrando solo un género (Fig. 2).

En relación a Elmidae, los géneros *Neelmis* y *Heterelmis* presentaron mayor abundancia en las estaciones ubicadas a

menor altitud (E-3 y E-4), mientras que *Austrelmis* se encontró presente desde la estación E-6 (Lucre) ubicada a 3108 msnm hasta la estación E-12 (Mapocho Arriba) ubicada a 4441 msnm, presentando la mayor abundancia en las mismas, además de ser el único género presente desde E-10 (4106m) hasta la estación E-12 (4411m) (Fig. 3).



**Figura 2.** Riqueza de las familias de coleópteros acuáticos encontrados en las estaciones evaluadas a lo largo del gradiente altitudinal. Cusco-Perú, 2013.



**Figura 3.** Abundancia de géneros de la familia Elmidae encontrados en las estaciones evaluadas a lo largo del gradiente altitudinal. Cusco-Perú, 2013.

**Tabla 2.** Parámetros de la calidad del agua en las estaciones de muestreo a lo largo del gradiente altitudinal. Cusco-Perú, Julio 2013.

Estación	Quebrada	Temperatura del agua (°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH	Conductividad (µS/cm)	Sólidos totales (mg/L)
E-1	Limonchayoc	23.9	8.04	8.05	84.7	58.9
E-2	Limonchayoc arriba	25.1	6.22	7.6	37.4	25.8
E-3	Yanamayo Grande	20.8	7.37	7.7	44.3	30.5
E-4	Chilimayo	20.5	6.7	7.75	40	29.4
E-5	Chaupichaca	15.7	6.8	7.55	37.8	26.5
E-6	Lucre	15.4	6.23	8.56	664	463
E-7	Lucre arriba	11	7.26	8.42	500	357
E-8	Chacachimpa	8	10.78	8.23	149.5	103.1
E-9	Mapocho	10	5.6	8.21	477	140
E-10	Jollepunco	6.5	6.6	8.02	19.6	81.5
E-11	Ajopampa	8	8.65	7.4	110.7	80.3
E-12	Mapocho arriba	10.5	5	7.96	121	82.5



**Tabla 3.** Composición y abundancia de la Comunidad de Coleóptera en las estaciones de muestreo a lo largo del gradiente altitudinal. Cusco-Perú, 2013.

Familia	Género	Mayo	Julio-Agosto	Total	Porcentaje
Dryopidae	<i>Dryops</i> Olivier, 1791	0	37	37	1.21
Dytiscidae	<i>Lancetes</i> Sharp, 1882	0	3	3	0.1
	<i>Austrelmis</i> Brown, 1984	700	1232	1932	62.95
	<i>Austrolimnius</i> Carter y Zeck, 1929	28	46	74	2.41
Elmidae	<i>Cylloepus</i> Erichson, 1847	9	8	17	0.55
	<i>Elmidae</i> sp.1	3	4	7	0.23
	<i>Heterelmis</i> Sharp, 1882	98	151	249	8.11
	<i>Hexanchorus</i> Sharp, 1882	6	7	13	0.42
	<i>Macrelmis</i> Motschulsky, 1859	26	34	60	1.96
	<i>Microcylloepus</i> Hinton, 1935	4	6	10	0.33
	<i>Neaelmis</i> Musgrave, 1935	170	200	370	12.06
	<i>Notelmis</i> Hinton, 1941	6	5	11	0.36
	<i>Onychelmis</i> Hinton, 1941	1	3	4	0.13
	<i>Phanocerus</i> Sharp, 1982	4	5	9	0.29
	<i>Pharceonus</i> Spangler y Santiago, 1982	9	10	19	0.62
Hydraenidae	<i>Hydraena</i> Kugelann, 1794	1	4	5	0.16
Hydrochidae	<i>Hydrochus</i> Leach, 1817	0	2	2	0.07
Lutrochidae	<i>Lutrochus</i> Erichson, 1847	0	2	2	0.07
Psephenidae	<i>Psephenus</i> Haldeman, 1853	20	12	32	1.04
Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i> Guérin, 1843	26	176	202	6.58
Scirtidae	<i>Scirtes</i> Illiger, 1807	0	1	1	0.03
	<i>Prionocyphon</i> Redtenbacher, 1858	0	1	1	0.03
Staphylinidae	<i>Thinobius</i> Kiesenwetter, 1844	9	0	9	0.29
RIQUEZA	TOTAL	18	23	24	100
ABUNDANCIA	TOTAL	1120	1949	3069	

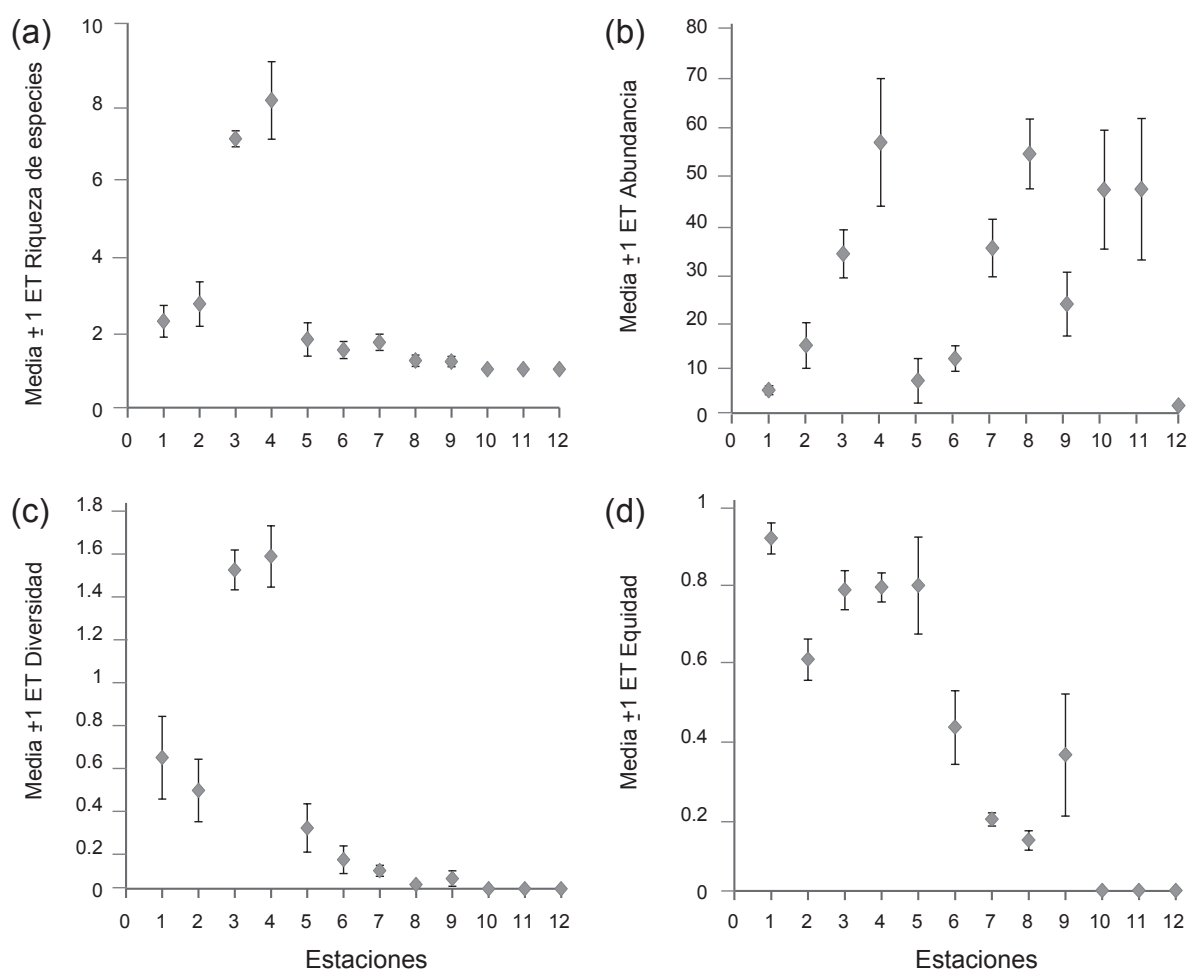
La prueba estadística de Wilcoxon-Mann-Whitney para 2 muestras independientes, evidenció que no existieron diferencias significativas entre las dos campañas de colecta ( $p > 0.05$ ), por lo que se juntaron las diez réplicas de cada estación de muestreo para los análisis sucesivos. Seguidamente se aplicó la prueba estadística de Kruskal-Wallis para “K” muestras independientes, como resultado se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) de la riqueza específica (S), abundancia de individuos (N), índice de diversidad y equidad de Pielou entre las estaciones evaluadas a lo largo del gradiente altitudinal. La riqueza (S), índice de diversidad y equidad fueron significativamente mayores en estaciones ubicadas a menor altitud, a diferencia de la abundancia que no muestra esta tendencia (Fig. 4).

Se realizó el análisis de agrupamiento Cluster mediante el dendrograma de Similitud, donde se observan diferencias en la composición de coleópteros a lo largo del gradiente estudiado. Se conformaron cuatro grupos, el primero constituido por las estaciones E-1 (Limonchayoc) y E-2 (Limonchayoc Arriba) ubicados a 476 y 593 msnm, respectivamente con un nivel de similitud de 60%. El segundo grupo lo conforman las estaciones E-3 (Yanamayo Grande) y E-4 (Chilimayo) ubicados a 731 y 804 msnm respectivamente, estas se agruparon con un nivel de similitud mayor al 60 %, la estación E-5 (Chaupichaca)

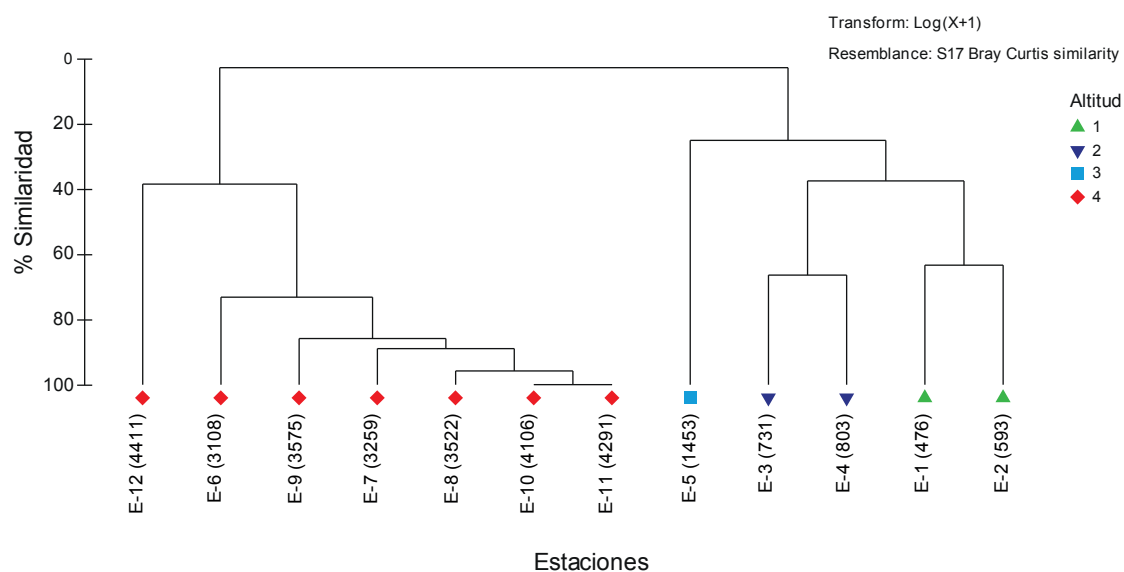
ubicada a 1453 msnm presentó una similitud cercana al 20% en relación a los grupos 1 y 2, por lo que se la considero aparte. Finalmente, las estaciones ubicadas a mayor altitud (entre los 3108 – 4411 msnm), presentan un nivel de similitud mayor al 70% a excepción de E-12 (Mapocho Arriba) (Fig. 5).

Teniendo en cuenta el análisis de agrupamiento, donde se formaron 4 grupos, se realizó el análisis de similitud (ANOSIM), donde se observó que sí existen diferencias significativas entre los 4 grupos formados ( $R = 0.974$  y  $p = 0.001$ ), evidenciando la heterogeneidad de la comunidad de coleópteros en el gradiente altitudinal. Este análisis fue complementado con el Análisis de Similitud Porcentual (SIMPER), el cual mostró disimilitudes entre 62.57 % (grupos 1- 2) y 98.24 % (grupos 2- 4).

Finalmente, según la correlación no paramétrica de Spearman se evidenció correlación positiva significativa de la temperatura con tres variables bióticas: la riqueza de especies ( $R = 0.851$ ), la diversidad ( $R = 0.854$ ) y la equidad ( $R = 0.875$ ). Del mismo modo se observó una fuerte correlación negativa entre la altitud y las mismas variables, con la riqueza ( $R = -0.876$ ), la diversidad ( $R = -0.901$ ) y la equidad ( $R = -0.937$ ), en todos los casos con un nivel de significancia del 99%. Sin embargo se observó una correlación muy baja y no significativa de la abundancia con respecto a todas las variables abióticas (Tabla 4).



**Figura 4.** Variación de la riqueza (a), abundancia (b), diversidad (c) y equidad (d) de coleópteros acuáticos por estación de muestreo a lo largo del gradiente altitudinal. Las estaciones de estudio (1-12) están ordenadas de menor a mayor altitud. Cusco-Perú, 2013.



**Figura 5.** Dendrograma de similitud de la comunidad de coleópteros acuáticos aplicando la rutina SIMPROF. Obtenido a partir de una matriz de abundancias por estaciones de muestreo a lo largo del gradiente altitudinal. Cusco-Perú, 2013.

**Tabla 4.** Correlación no paramétrica de Spearman entre las variables bióticas y abióticas a lo largo del gradiente altitudinal. Cusco-Perú, 2013.

Rho de Spearman		pH	Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Sólidos totales ( $\text{mg}/\text{L}$ )	Temp. Agua $^{\circ}\text{C}$	Oxígeno disuelto $\text{mg}/\text{L}$	Dureza Unidades Dkh	Altitud (m)
Riqueza	Coefficiente de correlación	-0.180	-0.272	-0.551	0.851**	0.049	-0.015	-0.876**
	Sig. (bilateral)	0.575	0.392	0.063	0.000	0.879	0.964	0.000
	N	12	12	12	12	12	12	12
Abundancia	Coefficiente de correlación	0.112	-0.105	0.056	-0.329	0.371	0.190	0.070
	Sig. (bilateral)	0.729	0.746	0.863	0.296	0.236	0.554	0.829
	N	12	12	12	12	12	12	12
Diversidad	Coefficiente de correlación	-0.127	-0.232	-0.514	0.854**	0.134	-0.044	-0.901**
	Sig. (bilateral)	0.695	0.467	0.087	0.000	0.678	0.892	0.000
	N	12	12	12	12	12	12	12
Equidad	Coefficiente de correlación	-0.077	-0.211	-0.493	0.875**	0.169	-0.103	-0.937**
	Sig. (bilateral)	0.811	0.510	0.103	0.000	0.599	0.750	0.000
	N	12	12	12	12	12	12	12

\*\* La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral).

## Discusión

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua mostraron una amplia variación para el caso de la temperatura. Diversos estudios han mostrado la tendencia de altas temperaturas en las quebradas de baja altitud y lo contrario, bajas temperaturas en quebradas de gran altitud (Jacobsen et al. 1997, Jacobsen 2004). El oxígeno no mostro mucha fluctuación y los valores hallados son compatibles con el desarrollo de la vida. Los valores de conductividad eléctrica y TDS se presentaron bajos en la mayoría de las quebradas, con la excepción de Lucre y Lucre arriba que fueron de 4 a 5 veces mayores comparado con las otras. La quebrada Lucre fue la que mostro mayores signos de contaminación urbana, mientras que la quebrada Lucre arriba, en la zona de colecta, atravesaba campos agrícolas. Probablemente los altos valores de conductividad y sólidos totales en estas quebradas están asociados con mayor cantidad de materia orgánica disuelta y nutrientes, que según la literatura, tienden a elevar los valores de estos parámetros (Dodds & Whiles 2010).

De la comunidad evaluada, la familia Elmidae presentó la mayor riqueza, esto concuerda con estudios realizados en diferentes ambientes lóticos de Perú, donde los Elmidae fueron los coleópteros con mayor riqueza (Valcárcel 2011, Guevara 2013, Salcedo y Trama 2014, Sajamí 2015); esta familia incluye aproximadamente 315 especies y es considerada como la tercera familia de coleópteros acuáticos de mayor diversidad en Sudamérica (Arce-Perez 1995). A nivel mundial, los elmidos destacan por su gran riqueza (1330 especies) solo por debajo de Dytiscidae e Hydrophilidae (Jach & Balke 2008).

La elevada riqueza de elmidae en comparación con el resto de las familias de Coleoptera, se debe probablemente a que estos insectos son organismos verdaderamente acuáticos y son muy comunes en ambientes lóticos (Brown 1987, White y Brigham 1996, Manzo 2005); por otro lado son capaces de colonizar diferentes hábitats (grava, rocas, raíces de árboles,

hojas en descomposición, vegetación y musgos acuáticos) y se les encuentra en un amplio rango de distribución espacial y altitudinal (Machado 1989).

Respecto a la abundancia, los elmidos fueron los más abundantes, conformando el 90,4% del total de coleópteros encontrados en el área de estudio. Esto concuerda con lo mencionado en diferentes investigaciones (Ribera y Foster 1997, Shepard y Aguilar 2010). Las demás familias registradas en este estudio presentaron riqueza y abundancia significativamente menores a Elmidae. Esto se debe a que familias como Dytiscidae e Hydrochidae son típicas de zonas de pozas, hábitat que no fue muestreado específicamente en este estudio. Para el caso de las otras familias que sí, son típicas de rápidos, probablemente sea debido a los aspectos biológicos, ecológicos y a los eventos de dispersión que pueden tener efectos sobre la diversidad y abundancia de las mismas (Ribera et al. 2002).

**Distribución espacial y altitudinal.** Los resultados obtenidos a partir de las pruebas no paramétricas de Wilcoxon-Mann-Whitney y Kruskal-Wallis para la riqueza, abundancia y la estructura comunitaria (diversidad Shannon-Wiener y equidad de Pielou) en las estaciones evaluadas a lo largo del gradiente altitudinal; así como; los análisis de agrupamiento y Similitud (ANOSIM) para los coleópteros acuáticos, mostraron diferencias significativas a nivel espacial. Esta variabilidad responde a los cambios en las condiciones geológicas y físicas como la temperatura, pero principalmente se debe al factor altitudinal, similar a lo encontrado en diversos estudios realizados en gradientes altitudinales (Jacobsen 2003, Arias-Díaz 2007, Acosta 2009).

La familia Elmidae presentó el mayor rango de distribución, abarcando toda el área de estudio (476 – 4411 msnm), en comparación con el resto de familias que se encontraron en un estrecho rango de distribución espacial. Arias-Díaz (2007) lo atribuye a la capacidad de colonizar diferentes hábitats; lo que sugiere que los elmidos son tolerantes a cambios significativos en

las condiciones físicas (profundidad, velocidad de la corriente, temperatura del agua, amplitud del cauce), químicas (oxígeno disuelto, pH, entre otros) y características ecológicas (cantidad y tipo de sustratos naturales disponibles), las cuales varían debido al gradiente altitudinal y a la naturaleza geomorfológica propias de las estaciones evaluadas. Este nivel de tolerancia les permite adaptarse a las diferentes condiciones ambientales, mediante adaptaciones morfológicas presentes tanto en larvas como adultos para desarrollarse eficientemente en zonas de alta corriente. (Merritt et al. 2008, Spangler y Santiago-Fragoso 1992).

Se observaron diferencias significativas de la riqueza de especies en las estaciones evaluadas, con valores mayores en las estaciones E-3 y E-4, ubicadas por debajo de los 1000 msnm. El comportamiento de la riqueza de especies fue en aumento hasta los 803 msnm (E-4) y luego disminuyó hasta valores cercanos a cero. Estos resultados concuerdan con la tendencia reportada en otros estudios realizados en ecosistema lóticos, donde se describe una disminución de la riqueza con respecto a la altitud (Rincón 1996, Jacobsen et al. 1997, Jacobsen 2003, 2004), sin embargo otros aspectos como los ecológicos también son de suma importancia en la distribución de los organismos (Carter et al. 1996). Es necesario señalar que en este estudio si bien existe una disminución de la riqueza respecto a la altitud, existe un vacío de información en altitudes medias (1500-3000 msnm), debido a que la colecta se realizó y enmarcó en el proyecto “Impacto de la Carretera Interoceánica sobre la calidad de agua en la región de las nacientes Andino-Amazónicas del Este, Cusco-Madre de Dios, Perú”, con un diseño de investigación priorizando otros objetivos del citado proyecto, no solamente el altitudinal, el cual fue desarrollado por la fundación- ACEER.

Los análisis multivariados mostraron diferencias en la estructura comunitaria del gradiente estudiado. Las estaciones ubicadas a menor altitud mostraron una mayor diversidad en su composición a diferencia de las estaciones ubicadas por encima de los 3000 m. Estos resultados indicarían que la altitud es un factor que influye a gran escala, sin embargo es necesario resaltar la importancia de los factores locales (como los ecológicos, hidrológicos, fisicoquímicos) en la determinación de la composición y abundancia de la comunidad estudiada; lo que en este estudio se evidencia mejor en estaciones de baja altitud; tal como lo señalan Heino et al. (2003).

Un importante complemento para esta investigación fue el análisis SIMPER, que permitió identificar los taxa que más influyeron de acuerdo a su porcentaje de contribución en la estructura comunitaria de los coleópteros acuáticos. Cabe resaltar que debido a la mayor riqueza y abundancia de los élmidos, estos fueron los más representativos en la conformación de los diferentes grupos. Así, *Neelmis* y *Heterelmis* fueron los géneros con mayor porcentaje de contribución en la formación de los grupos ubicados a menor altitud (476-1453m). La mayor contribución del género *Neelmis*, se debe probablemente a que estos organismos son muy comunes y abundantes en ambientes lóticos donde predomina el sustrato rocoso y se encuentran principalmente en altitudes bajas a medias, resultado coincidente con los encontrado por Passos et al. (2003) para Brasil. Es importante mencionar a *Heterelmis*, género muy abundante dentro de la familia Elmidae, siendo muy común en ambientes lóticos (Passos et al. 2003). En diversos estudios se ha encontrado que este género ha sido registrado como el más abundante de

la comunidad de coleópteros estudiados (Arias-Díaz, 2007, Sajamí 2015). Según Elliot (2008) la abundancia de élmidos estaría en relación con la cantidad de detrito orgánico presente en su habitat.

En las estaciones ubicadas a mayor altitud, *Austrelmis* presentó el mayor porcentaje de contribución con 99.12%. Esto se debe a que estuvo presente y en gran abundancia en todas las estaciones de gran altitud, además a partir de la estación E-9 hasta la estación E-12 (3575 – 4411 msnm) fue el único género registrado. Es importante señalar que *Austrelmis* es un género endémico de la región Neotropical, y parece encontrarse únicamente en los Andes y en áreas relacionadas a América del Sur occidental (Brown 1984, Archangelsky et al. 2009). Ha sido encontrado en ecosistemas lóticos, principalmente en altitudes por encima de los 3000 msnm (Acosta 2009).

Según la correlación no paramétrica de Spearman, existió una correlación positiva significativa de tres variables bióticas: riqueza, diversidad y equidad con la temperatura. Al respecto Jacobsen et al. (1997) y Jacobsen (2008) indican a la temperatura del agua como uno de los factores más importantes que determinan la riqueza y distribución de las familias de macroinvertebrados en los Andes. Por otro lado, se evidenció una fuerte correlación negativa entre las mismas variables bióticas; riqueza, diversidad y equidad con la altitud. Acosta (2009), en un estudio altitudinal realizado en el río Cañete encontró una disminución de la riqueza de macroinvertebrados con el incremento de la altitud, del mismo modo esta tendencia ha sido reportada en otros estudios realizados en ríos andinos (Rincón 1996, Jacobsen et al. 1997, Jacobsen 2003). La abundancia fue la única variable biótica que no presentó una correlación significativa con la altitud, al respecto Suren (1994), señala que en órdenes como Trichoptera, Diptera, Plecoptera y Coleoptera la abundancia relativa no difiere con la altitud, mientras que a altitudes menores a 2000 m, otros grupos suelen mostrar mayor abundancia.

En conclusión, estos resultados indican la influencia significativa del factor altitudinal en la composición y estructura de la comunidad estudiada, mostrando cambios en las especies del amplio gradiente estudiado, destacando Elmidae como la familia predominante en el área de estudio.

## Agradecimientos

Agradecemos al Centro Amazónico de Educación Ambiental e Investigación ACEER, por facilitar el viaje y viáticos a los sitios de estudio visitados dentro de Proyecto “Impacto de la Carretera Interoceánica sobre la calidad de agua en la región de las nacientes Andino-Amazónicas del Este, Cusco – Madre de Dios, Perú”. Agradecemos a Sara Clemente, María Bobadilla, Pablo Miñano, Kevin Flores, Viviana Paredes, Alicia Palomino, Eliza Gonzales y Sara Tupa.

## Literatura Citada

- Acosta R. 2009. Estudio de la Cuenca Altoandina del Río Cañete (Perú): Distribución altitudinal de la comunidad de Macroinvertebrados Bentónicos y caracterización hidroquímica de sus cabeceras cársticas. Departamento de Ecología, Facultad de Biología. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, España. 153 pp.
- Allan J. 1995. Stream Ecology. Structure and Function of Running Waters. Chapman & Hall.
- Arce-Pérez, R. 1995. Lista preliminar de los coleópteros acuáticos del estado de Morelos, México. Acta Zoológica Mexicana 65: 43-53.



- Archangelsky M., V. Manzo, M.C. Michat, & P.L. Torres. 2009. Coleoptera. Chapter: 14. En: E. Domínguez & H.R. Fernández (Editores): Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología. Edición 2, Fundación Miguel Lillo, Tucumán, pp.411-468
- Arias-Díaz D. 2007. Distribución Espacial y Temporal de los Coleópteros Acuáticos en la Cuenca del Río Coello (Tolima, Colombia). *Caldasia* 29(1): 117-194.
- Beutel R.G. & A.B. Leschen. 2005. Coleoptera, Volume 1: Morphology and Systematics (Archostemata, Adephaga, Myxophaga, Polyphaga partim). *Handbuch der Zoologie Volume IV Arthropoda: Insecta*, Part 38. De Gruyter, Berlin, 567 pp.
- Bournaud M., P. Richoux, & P. Usseglio-Polatera. 1992. An approach to the synthesis of qualitative ecological information from aquatic coleoptera communities. *Regulated Rivers: Research & Management* 7(2): 165-180. <http://dx.doi.org/10.1002/rrr.3450070205>
- Brown H.P. 1984. Neotropical dryopoids, III. Major Nomenclatural changes affecting *Elsianus* Sharp and *Macrelmis* Motschulsky, with checklists of species (Coleoptera: Elmidae: Elmidae). *The Coleopterist Bulletin*, 38 (2), 121-129.
- Brown H.P. 1987. Biology of riffle beetles. *Annual Review of Entomology*, 32: 253-273. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.en.32.010187.001345>
- Carter J.L., S.V. Fend, & S.S. Kennelly. 1996. The relationships among three habitat scales and stream benthic invertebrate community structure. *Freshwater Biology* 35: 109-124. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.1996.d01-450.x>
- Clarke K.R. & R.M. Warwick. 2001. Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. 2nd Ed. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, UK. 172 p.
- Clarke K.R. & R.N. Gorley. 2005. PRIMER v.6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E Ltda., Plymouth, UK.
- Davis J.C., G.W. Minshall, C.T. Robinson, et al. 2001. Monitoring wilderness stream ecosystems. Gen. Tech. Rep. RMRSGTR-70. Ogden, UT: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 137 pp
- Dodds W.K. & M.A. Whiles. 2010. *Freshwater Ecology: Concepts and Environmental Applications of Limnology*. 2nd Ed. San Diego California, Elsevier.
- Domínguez E. & H. Fernández. 2009. Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos. Sistemática y Biología. Fundación Miguel Lillo. Tucumán-Argentina. 654 pp.
- Elliot J.M. 2008. The ecology of riffle beetles (Coleoptera: Elmidae). *Freshwater Reviews* 1:189-203. <https://doi.org/10.1608/FRJ-1.2.4>
- Esteves F.A. 1988. *Fundamentos de Limnología*. Ed. Interciencias. FINEP. Rio de Janeiro, Brasil. 578 pp.
- Fernandes A. S. 2010. Taxonomia de Elmidae (Insecta, Coleoptera) do Município de Presidente Figueiredo, Amazonas, Brasil. Manaus: Dissertação (Mestrado, Ciências Biológicas (Entomologia)) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Pp: 129
- García-Criado F. & M. Fernández Alaez. 1995. Aquatic Coleoptera (Hydraenidae and Elmidae) as indicators of the chemical characteristics of water in the Orbigo River Basin (N-W Spain). *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*. 31: 185-199. <http://dx.doi.org/10.1051/limn/1995017>
- García, M. 2001. Nueva subtribu género y especie de Hydrophilini (Coleoptera; Hydrophilidae) del extremo sur-oriental de Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas* 35 (2):151-160.
- Guevara, C. 2013. Evaluación de la comunidad de macroinvertebrados de bancos vegetados en quebradas contaminadas por minería aurífera. Madre de Dios-Perú. Tesis, Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/3431>
- Heino J., T. Muotka, & R. Paavola. 2003. Determinants of macroinvertebrate diversity in headwater streams: regional and local influences. *Journal of Animal Ecology* 72: 425-434. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2656.2003.00711.x>
- Herman Lee H. 1970. Phylogeny and reclassification of the genera of the rove-beetle subfamily Oxytelinae of the world (Coleoptera, Staphylinidae). *Bulletin of the AMNH*; v. 142, article 5. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/166907>
- Jacobsen D., R. Schultz, A. Encalada. 1997. Structure and diversity of stream invertebrate assemblages: the influence of temperature with altitude and latitude. *Freshwater Biology*, 38(2):247-261. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.1997.00210.x>
- Jacobsen D. 2003. Altitudinal changes in diversity of macroinvertebrates from small streams in the Ecuadorian Andes. *Archiv fur Hydrobiologie*, 158:145-167. <http://dx.doi.org/10.1127/0003-9136/2003/0158-0145>
- Jacobsen D. 2004. Contrasting patterns in local and zonal family richness of stream invertebrates along an Andean altitudinal gradient. *Freshwater Biology* 49(10):1293-1305. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2004.01274.x>
- Jacobsen D. 2008. Low oxygen pressure as a driving factor for the altitudinal decline in taxon richness of stream macroinvertebrates. *Oecologia* 154:795-807. <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-007-0877-x>
- Jach M.A. & M. Balke. 2008. Global diversity of water beetles (Coleoptera) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:419-442. <https://doi.org/10.1007/s10750-007-9117-y>
- Lawrence J.F. & A.F. Newton. 1995. Families and subfamilies of Coleoptera (with selected genera, notes, references and data on family-group names), pp. 779-1006. En: J. Pakaluk and S.A. Slipinski (Eds.): *Biology, Phylogeny, and Classification of Coleoptera*, Papers Celebrating the 80th Birthday of Roy A. Crowson. Museum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa.
- Machado T. 1989. Distribución ecológica e identificación de los coleópteros acuáticos en diferentes pisos altitudinales del departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biología, Medellín.
- Manzo V. 2005. Key to the South America genera of Elmidae (Insecta: Coleoptera) with distributional data. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 40(3):201-208. <http://dx.doi.org/10.1080/01650520500140619>
- Merritt R.W., K. W. Cummins & M.B. Berg. 2008. *An Introduction to the aquatic insects of North America*. Fourth edition. Dubuque: Kendall/Hunt Publishing Company, 1158 pp.
- Miserendino M.L. & M. Archangelsky. 2006. Aquatic Coleoptera distribution and environmental relationships in a large Patagonian river. *International Review of Hydrobiology* 91(5): 423-437. <http://dx.doi.org/10.1002/iroh.200510854>
- ONERN Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. 1976. *Mapa Ecológico del Perú - Guía explicativa*. Lima.
- Oscos J., D. Galicia & R. Miranda. 2009. Macroinvertebrados de la Cuenca del Ebro: descripción de taxones y guía de identificación. Dpto. de Zoología y Ecología. Universidad de Navarra.
- Passos M. I., J. L. Nessimian & L. F. Dorvillé. 2003. Distribuição espaço-temporal da comunidade de elmidae (Coleoptera) em um rio na floresta da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ. *Boletim do Museu Nacional. Nova série Rio de Janeiro - Brasil. Zoologia* N° 509.
- Rahbek C. 1995. The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? *Ecography*, vol. 18, no 2, p. 200-205. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0587.1995.tb00341.x>
- Ribera I. & G. Foster. 1997. Uso de Artrópodos como indicadores biológicos. *Boletín SEA* 20: 265-276.
- Rincon M.E. 1996. Aspectos bioecológicos de los tricópteros de la quebrada Carrizal (Boyaca, Colombia). *Revista Colombiana de Entomología* 22(1): 53-60.
- Ribera I., Hogan J.E. & Vogler, A.P. 2002. Phylogeny of Hydradephagan water beetles inferred from 18S rRNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 23(1) 43-62. <https://doi.org/10.1006/mpev.2001.1080>
- Roldan G. 2001. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Ciencia y Tecnología. Universidad de Antioquia. Medellín. 182 pp.

- Sajamí J. 2015. Distribución espacio-temporal de Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera y Coleoptera (Insecta) en una quebrada de primer orden, Bosque Montano, Junín, Perú. Tesis, Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/4060>
- Salcedo S. & F.A. Trama. 2014. Manual de identificación de macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca San Alberto, Provincia de Oxapampa, Perú. Rizo Patrón, F.L. Ed. Chanchamayo, Perú. 116 pp.
- Shepard W. & C.J. Aguilar. 2010. Estudio preliminar de las familias de escarabajos acuáticos de las Familias Dryopidae, Elmidae, Lutrochidae y Psephenidae conocidos de Paraguay (Coleoptera: Byrrhoidea). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural de Paraguay 16(1):30-42.
- Short A.E. 2004. A new genus and species of Sphaeridiinae from Costa Rica (Coleoptera: Hydrophilidae). The Coleopterists Bulletin 58 (4): 534-537. <http://dx.doi.org/10.1649/375>
- Spangler P.J. & S. Santiago-Fragoso. 1992. The Aquatic Beetle Subfamily Larainae (Coleoptera: Elmidae) in México, Central America, and the West Indies. Smithsonian Contribution to Zoology 528: 1-73. <http://dx.doi.org/10.5479/si.00810282.528>
- Spangler P.J. & W.E. Steiner. 2005. A new aquatic beetle family, Meruidae, from Venezuela (Coleoptera: Adephaga). Systematic Entomology 30: 339-357. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3113.2005.00288.x>
- Stribling J.B. 1986. Revision of Anchytarsus (Coleoptera: Dryopoidea) and a key to the New World genera of Ptilodactylidae. Annals of the Entomological Society of America, 79(1):219-234.
- Suren A.M. 1994. Macroinvertebrate communities of streams in western Nepal: effects of altitude and land use. Freshwater Biology, 32(2):323-336. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.1994.tb01129.x>
- Valcárcel D. 2011. Evaluación de la degradación de ecosistemas dulceacuicolas en la cuenca baja del río Uctubamba (Amazonas - Perú) mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos. Tesis, Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/1356>
- Von Ellenrieder N. 2007. Composition and structure of aquatic insect assemblages of Yungas mountain cloud forest streams in NW Argentina. Revista de la Sociedad entomológica Argentina 66(3-4): 57-76
- White D.S. & W.U. Brigham. 1996. Aquatic Coleoptera. Pp.: 399-473 en: Merritt, R.W. & K.W. Cummins (eds.), An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Kendall/Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa.
- Zhang Z.-Q. 2011. Phylum Arthropoda von Siebold, 1848. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. Zootaxa 3148:99-103.